

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ZOCF4313>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университете

<https://doi.org/10.48081/KLTX7071>***Г. Н. Ансабекова¹, Е. Ж. Сарсикеев²**^{1,2} С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

ӘУЕ ЭЛЕКТРБЕРІЛІС ЖЕЛІЛЕРІН БІР ФАЗАЛЫ ҚЫСҚА ТҰЙЫҚТАЛУДАН ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ҮШІН АНЫҚ ЕМЕС ЛОГИКАНЫ ҚОЛДАНУ

Электр жүйесі – электр энергиясын өндіру, түрлендіру, беру және тұтыну процесі жүзеге асырылатын электр энергетикасы жүйесінің шартты түрде бөлінген бөлігі. Бұл – электр жүйесінің барлық элементтері (генераторлар, трансформаторлар, электр желілері, электр машиналары және т.б.) қатысатын күрделі біртұтас процесс. Қорғаныс және автоматика құрылғылары белгілі бір функцияларды орындауы керек. Қорғау үшін мұндай функциялар мыналар болып табылады: қорғалатын элемент зақымданған кезде оның іске қосылуды және осы элементтен тыс қысқа тұйықталу кезінде (сыртқы қысқа тұйықталулар), сондай-ақ қалыпты режимдерде іске қосылмауы. Осыған орай электр жүйелерінде орын алатын технологиялық ақаулар мен зақымдалулардың пайда болу себептеріне талдау жұмыстары жүргізілді. Электрлік жүйе элементтерінің қорғаныс және автоматика құрылғыларына тән бірқатар кемшіліктер анықталды. Қазіргі қолданыстағы микропроцессорлық қорғаныс және автоматика жүйесіне қатысты байқалған мәселелердің сенімділіктің төмендеуіне әкелетіні расталды.

Ұсынылып отырған жұмыста қорғанысты құру мүмкіндігі критикалық мәндерге жету бойынша емес, қорғалатын объектінің күйін сипаттайтын шамалардың өзгеру динамикасы бойынша қарастырылады. Біздің жағдайда жүйенің күйін, оның ішінде қалыпты емес жұмыс режимінің түрін анықтау үшін анық емес логика (Fuzzy Logic) элементтерін пайдалану ұсынылады. Әр түрлі салаларда анық емес логика мен нейрондық желілерді қолдану мысалдарын зерттеу негізінде, бір фазалы қысқа тұйықталуды анықтау үшін электр желілерін қорғау және автоматтандыру

құрылғыларында анық емес логика элементтерін қолдану мүмкіндігі мен тиімділігі дәлелденген.

Кілтті сөздер: қорғаныс құрылғылары, автоматика құрылғылары, реле, тағайындамалар, анық емес логика, бірфазалы қысқа тұйықталу, Fuzzy Logic жүйесі.

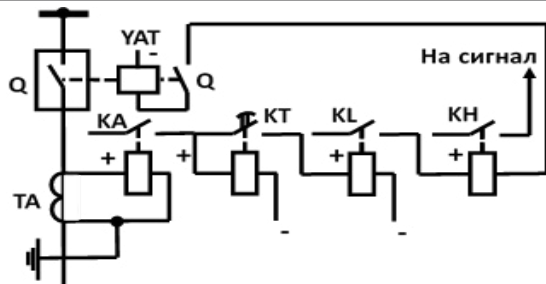
Кіріспе

Қазіргі уақытта нақты мәселелерді шешу үшін анық емес логика мен нейрондық желілер кеңінен қолданылады. Анық емес логика - бұл классикалық екілік логикаға қарағанда білімді ұсыну үшін қолданылатын математикалық принциптердің жиынтығы. Бұл - нақты проблемалар үшін сенімді және қымбат емес шешімдерді ұсыну үшін бастапқыда енгізілген белгісіздік (анық емес) жағдайда жұмыс істеудің қуатты құралы. Анық емес логикалық жүйелерді үш негізгі түрге жіктеуге болады [1]: 1) анық емес логиканың қарапайым жүйелері (pure Fuzzy Logic Systems); 2) Такаги және Суджено анық емес логика жүйелері (Takagi and Sugeno); 3) фаззификаторы және дефаззификаторы бар анық емес логика жүйелері. Әдетте, 1 типті анық емес логикалық жүйелері (T1FLS) болжау жүйелері, басқару жүйелері, мәліметтер базасы және денсаулық сақтау саласындағы клиникалық диагноздар сияқты бірнеше жүйелерде жүзеге асырылды.

Техникалық жүйелерді басқарудың заманауи әдістерінің бірі-объектілерді басқарудың зияткерлік әдістері мен классикалық жүйелерінің синтезі болып табылады. Жасанды нейрондық желілер (ИНС) аппаратын және (немесе) анық емес логиканы пайдаланатын зияткерлік басқару жүйелері күрделі сызықтық емес динамикалық объектілерді сәйкестендіруге және олар үшін сызықтық емес басқару заңдарын қалыптастыруға мүмкіндік береді, бұл қарастырылып отырған тапсырманы белгісіздік (анық емес) жағдайында қолда бар эксперименттік деректер негізінде шешуге мүмкіндік береді. Сондықтан, электр жүйелерін жылдам өзгертін және өзара байланысты параметрлері бар күрделі жүйе ретінде қарастыра отырып, қысқа тұйықталу сияқты қалыпты емес режимдерді анықтау үшін анық емес логикалық элементтерді қолдануға болады. Қысқа тұйықталу түрін анықтау және зақымдалған аймақты өшіру үшін электр жүйесінде релелік қорғаныс және автоматика деп аталатын арнайы (РҚЖА) құрылғылар бар.

Материалдар мен әдістер

Мысал ретінде, 1-суретте уақыт ұстанымы жоқ ток кескіні түріндегі ток қорғанысының бірінші кезеңінің схемасы келтірілген, мұнда қорғалатын объект – желі, өлшеуіш ток трансформаторы, әсер етуші құрылғылар - реле, тізбектің зақымдалған бөлігін ажыратуда әрекет ететін жоғары вольтты ажыратқыш түріндегі атқарушы механизм.

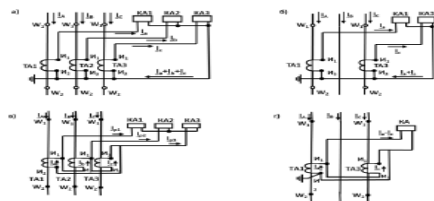


Сурет 1 – МТҚ принципіннің бір фазалы бейнесі
 YAT – Q ажыратқышының жетегін электромагниттік өшіру;
 KA – ток релесі; TA – өлшеуіш ток трансформаторы.

Бұл схемада ток релесі (KA) – бұл жауап беретін орган, ол ток күші максималды мәнге жеткенде (іске қосу параметрлері) реле электромеханикалық орындау немесе сандық элементтік орындау кезінде микроконтроллер жағдайында іске қосылады. Сонымен қатар, ток құраушыларына (тура, кері, нөлдік) жауап беретін реле (сүзгілер) қолданылады. Бұл схемалар ең алдымен мынадай параметрлермен ерекшеленеді – сезімталдық, сенімділік, селективтілік және т.б. [2].

Бастапқы ток өлшеуіштері мен жауап беретін органдарының қосылуының белгілі бір схемасын таңдау жеке элементтері немесе жиынтықта істен шыққан кезде қолданылатын элементтердің, өткізгіштердің, сенімділік көрсеткіштерінің санымен анықталады.

Өлшеуіш ток (кернеу) түрлендіргіштері мен жауап беруші органдарының қосылу схемалары әртүрлі және оларды таңдау ток қорғанысы мен қорғалатын объектінің тағайындалуына байланысты болады. Ең жиі қолданылатын қосылу схемалары: 1) үш фазалы толық жұлдызша схемасы (сурет 2,а); 2) екі фазалы екі және үш релелік толық емес жұлдызша схемасы (сурет 2,б); 3) ток трансформаторларының толық үшбұрышқа, ал өлшеу органдарының – толық жұлдызшаға қосылуының үш фазалық схемасы (сурет 2,в); 4) толық емес үшбұрышқа қосылудың екі фазалы бір релелік схемасы (сурет 2,г).

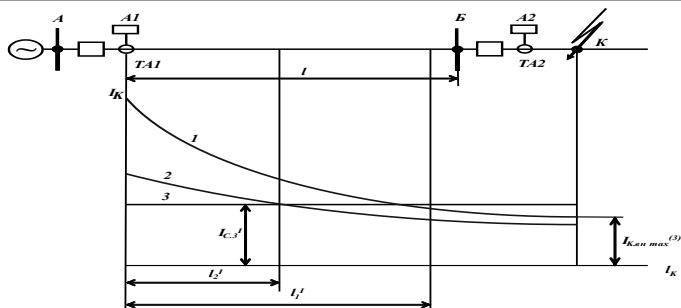


Сурет – 2 Өлшеуіш ток (кернеу) түрлендіргіштері мен жауап беруші органдарының қосылу схемалары:

а – үш фазалы толық жұлдызша схемасы; б – екі фазалы екі және үш релелік толық емес жұлдызша схемасы; в - ток трансформаторларының толық үшбұрышқа, ал өлшеу органдарының – толық жұлдызшаға қосылуының үш фазалық схемасы; г – толық емес үшбұрышқа қосылудың екі фазалы бір релелік схемасы.

Жерге тікелей тұйықталған бейтарабы бар желілерде қорғаныс екі жолмен жүзеге асырылады: ток трансформаторлары мен реленің толық жұлдызшаға немесе екі жиынтыққа қосу схемасы бойынша, біріншісі – ток трансформаторлары мен релені толық емес жұлдызшаға қосу схемасы бойынша фазааралық қысқа тұйықталудан, ал екіншісі – ток трансформаторларын нөлдік реттіліктегі ток сүзгісіне қосу арқылы жерге қысқа тұйықталудан қорғанысы бар. Схема бойынша толық жұлдызшаға қосылған реле фазаның тоғын өткізетіндіктен, жерге қысқа тұйықталу кезінде қорғаныс аз сезімтал болады. Сондықтан фазалар арасындағы қысқа тұйықталудан және жерге қысқа тұйықталудан қорғау жиынтығы жиі қолданылады.

Реле ток күшінің белгілі бір мәнінде іске қосылады, ол мән оның құрылымдық параметрлеріне сәйкес келеді немесе белгілі бір уақыт аралығында қолмен баптау арқылы іске қосылады. Бұл жағдайда реледе қысқа тұйықталу кезінде ток өтеді, оның күші қысқа тұйықталу орнының қуат көзінен электрлік қашықтығына байланысты өзгереді (3–сурет). Бұл қорғаудың бір түрі жеткіліксіз екендігіне әкеледі. Мысалы, тоқтық қорғаныстар бірнеше қадамнан тұрады. Жұмыс режиміне және қысқа тұйықталу түріне байланысты уақыт ұстанымы жоқ тоқтық кескінде қорғалатын аймақ өзгереді. Қорғалатын аймақ неғұрлым үлкен болса, іске қосу тоғы соғұрлым аз болады және қысқа тұйықталу тоғының өзгеру қисығының көлбеулігі соғұрлым жоғары болады.



Сурет 3 – Іске қосу тогын таңдау және уақыт ұстанымы жоқ ток кескінінің қорғалатын аймағын анықтау:

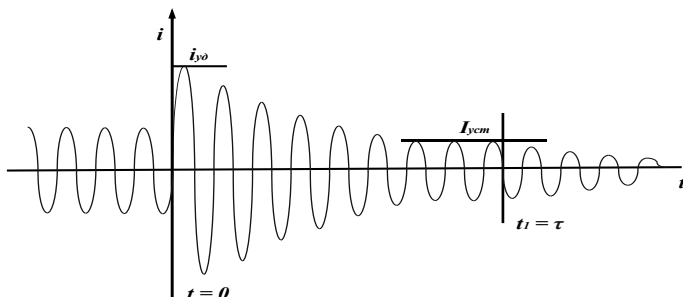
1-максималды режимдегі I_{k3} өзгерісі; 2 – минималды режимдегі I_{k3} өзгерісі; 3 - A1 қорғанысының іске қосылу тогы; 11 – максималды режимдегі ТК қорғау аймағы; 12-минималды режимдегі ТК қорғау аймағы.

Әуе электрберіліс желілерінің қорғаныс сапасына көптеген құрылымдық факторлар әсер етеді - қорғаныс сезімталдығы, түзету коэффициенті, қысқа тұйықталу тогын есептеу қателігі, қысқа тұйықталу тогының аперидикалық құраушысының релелік қателігі. Әуе электрберіліс желілерін қорғау үшін уақыт ұстанымы жоқ қорғаныстың - жалғыз қорғаныс ретінде пайдаланылмайтыны анық.

Кейбір жағдайларда трансформаторлар қосылған радиалды таратушы желілер үшін ТК түрінде тек бір қорғаныс қолданылады. Сонда келтіруді трансформатордан кейінгі ҚТ тогын есепке ала отырып, трансформаторды қорғалатын аймаққа кіргізе отырып жүргізеді

Электромеханикалық элементтік базадағы ток қорғанысының әсер ету принципіне тәуелділігі – схема параметрлерін анықтау, жабдықты таңдау және оны орнату үшін алдын-ала есептеулер санының көптігімен негізделеді. Сондай ақ, әртүрлі принциптер бойынша жұмыс жасайтын қорғаныстың басқа түрлерімен келісуі керек және баптау жұмыстары қажет. Мұның бәрі электр қондырғыларын қорғау кезінде бірқатар факторлар мен критерийлер жиынтығын туындатады, оларды есепке алу қажет және қорғанысты ұйымдастырудың күрделілігі тұтынушыдан қорғауды алып тастап, қуат көзіне жақындағанда артады. Бұл ретте қорғау кешені тұтастай немесе жеке-жеке бірқатар талаптарға, бірінші кезекте жұмыс жасау сапасы мен сенімділігіне жауап беруі тиіс. Осылайша, ток қорғанысының әсер ету принципін жалпылауға болады, ол ток күші шамасының берілген белгілі бір мәніне жетуіне байланысты (4-сурет).

Қалыпты емес жұмыс режимі көбінесе қысқа тұйықталу режимі болып табылады, мұндай режимдерде процестердің ұзақтығына байланысты апатты жағдай режимі орнайды. Ол параметрлердің тез өзгеруімен сипатталады және көбінесе динамикалық процесс ретінде зерттеледі. Энергожүйенің апаттан кейінгі режимін белгілі бір рұқсат етілген аралықтарда квазиорнатылған деп қарастыруға болады.



Сурет 4 – Ток осциллограммасы

Қалыпты жұмыс режимі ($-\infty; 0$) учаскеде қабылданады, $t(0; \tau)$ учаскеде – апатты режим учаскесі, $t(\tau; +\infty)$ – зақымдалған учаскені ажырату нәтижесінде апаттан кейінгі учаске.

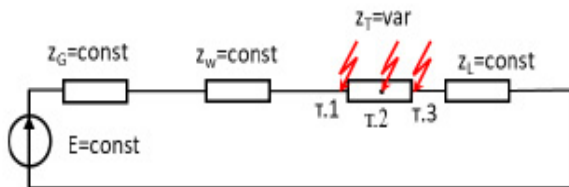
Белгілі болғандай, кернеуі 110 кВ электрберіліс желілеріндегі қысқа тұйықталудың ең көп тараған түрі - бір фазалы қысқа тұйықталу (60–70 %). Сондықтан, осы жұмыста бір фазалы қысқа тұйықталу режимі талданады.

Нәтижелері және талқылау

Бүгінгі күні күштік трансформаторларды қорғау және автоматтандыру үшін нейро-анық емес технологияларды пайдалану мүмкіндігі өзекті мәселе болып табылады. Осыған байланысты, тәжірибе жүргізу үшін біз $zT=var$ болған жағдайды қарастырамыз, ал трансформаторлардағы магниттік байланысты ескермейміз. Біз $EG=const$, $EL=const$, $zG=const$, $zw=const$, $zL=const$ деп болжаймыз. Біздің жағдайда кірісіндегі берілгендер – трансформатордың кедергісі, ал шығысында - $|U_{A,B,C}|$, $|I_{A,B,C}|$, $\varphi_{A,B,C}$ болып табылады. Тәжірибе MatCad көмегімен қуаты 10, 16, 25 және 40 МВА күштік трансформаторлар үшін қысқа тұйықталудың мынадай түрлері үшін жүргізілді: бір фазалы ҚТ – К(1), екі фазалы ҚТ – К(2), жерге екі фазалы ҚТ – К(1.1), үш фазалы ҚТ – К(3). Мысал ретінде тек бірфазалы қысқа тұйықталу үшін жүргізілген есептеулер нәтижелері келтіріледі.

Қысқа тұйықталудың пайда болу орындары келесідей қарастырылады: трансформаторға дейін - 1 нүкте, трансформаторда –2 нүкте, трансформатордан

кейін – 3 нүкте (5–сурет). 5–суретте көрсетілген жүйе генератордан, желілерден, кернеуі 110/10 кВ екі орамды күштік трансформатордан және жалпыланған жүктемеден тұрады.



Сурет 5 – кернеуі 110/10 кВ жүйенің схемасы

Токтар мен кернеулердің векторлық диаграммалары, олардың өзгеру динамикасы, сондай-ақ олардың сандық мәндері 1-2 кестелерде келтірілген.

Кесте 1 – Бір фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі Токтар мен кернеулердің векторлық диаграммалары, St=10 МВА

| Зақымдану түрлері | 1 нүкте | 2 нүкте | 3 нүкте | Ескертпе |
|-------------------|---|---|---|--|
| К ⁽¹⁾ | <p>$I_{kA1} = I_{kA2} = I_{k0}$</p> | <p>$I_{kA1} = I_{kA2} = I_{k0}$</p> | <p>$I_{kA1} = I_{kA2} = I_{k0}$</p> | I_{kA1} I_{kA2} I_{k0} I_{kA} $I_{kB} = 0$ $I_{kC} = 0$ |
| | <p>$U_{kA1} = -(U_{k0} + U_{kA2})$</p> | <p>$U_{kA1} = -(U_{k0} + U_{kA2})$</p> | <p>$U_{kA1} = -(U_{k0} + U_{kA2})$</p> | U_{kA1} U_{kA2} U_{k0} $U_{kA} \approx 0$ U_{kB} U_{kC} |

Кесте 2 – Бір фазалы қысқа тұйықталу кезіндегі Токтар мен кернеулердің сандық мәндері, St=10 МВА

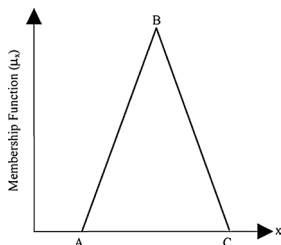
| Зақым-дауу түрлері | 1 нүкте | 2 нүкте | 3 нүкте | Ескерпше | Қалыпты реж-ге қатысты |
|-------------------------|---|---|--|--|----------------------------|
| <u>К</u> ⁽¹⁾ | $I_{KA1}=I_{KA2}=I_{K0}=-j12.14$ $I_{KA}=3 I_{KA1}=-j36.413$ $I_{KB}=0$ $I_{KC}=0$ | $I_{KA1}=I_{KA2}=I_{K0}=-j9.20$ $I_{KA}=3 I_{KA1}=-j27.59$ $I_{KB}=0$ $I_{KC}=0$ | $I_{KA1}=I_{KA2}=I_{K0}=-j3.21$ $I_{KA}=3 I_{KA1}=-j9.63$ $I_{KB}=0$ $I_{KC}=0$ | I_{KA1} ↑ ↓ ↓ I_{KA2} ↓ ↓ ↓ I_{K0} ↓ ↓ ↓ I_{KA} ↓ ↓ ↓ $I_{KB}=0$ $I_{KC}=0$ | ↑ ↑ ↓ ↓ |
| | $U_{KA1}=(U_{KA0}+$ $U_{KA2})=0.705$ $U_{KA2}=0.352$ $U_{K0}=0.65$ $U_{KA}=-0.295\approx 0$ $U_{KB}=-0.83-j0.92$ $U_{KC}=-0.83+j0.92$ | $U_{KA1}=(U_{KA0}+$ $U_{KA2})=1.27$ $U_{KA2}=0.64$ $U_{K0}=0.36$ $U_{KA}=0.27\approx 0$ $U_{KB}=-0.68-j1.65$ $U_{KC}=-0.68+j1.65$ | $U_{KA1}=(U_{KA0}+$ $U_{KA2})=0.63$ $U_{KA2}=0.31$ $U_{K0}=0.69$ $U_{KA}=-0.37\approx 0$ $U_{KB}=-0.84-j0.82$ $U_{KC}=-0.84+j0.82$ | U_{KA1} ↑ ↓ ↓ U_{KA2} ↓ ↓ ↓ U_{K0} ↓ ↓ ↓ U_{KA} ↓ ↓ ↓ U_{KB} ↓ ↓ ↓ U_{KC} ↓ ↓ ↓ | ↓ ↑ ↑ ↓ ↓ ↑ |

Қорытынды

Жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері бойынша теорияда сипатталған электр желілеріндегі ҚТ-дың әртүрлі түрлері кезіндегі шектік шарттарға сәйкестігіне талдау жасалды. Сондай-ақ, бір фазалы қысқа тұйықталу кезінде және жүйенің қалыпты режиміне қатысты токлар мен кернеулердің өзгеру динамикасы құрылды. Осыдан кейін бір фазалы қысқа тұйықталуды анықтау үшін анық емес логикалық элементтерді қолдана отырып, математикалық модель құру ережелері жасалды. Тәжірибені жүргізу үшін MATLAB бағдарламалау жүйесі, Fuzzy Logic анық емес шығыс жүйесінің редакторы және анық емес логикалық қорытындыға негізделген Mamdani алгоритмі таңдалды. Mamdani алгоритмі анық емес логикалық шығыс процедурасын және «кіріс-шығыс» жазықтығын, яғни «input-output» жазықтығын визуализациялауды қамтамасыз етеді. Анық емес логикалық жүйеде ережелер IF–THEN операторлары түрінде кіріс және шығыс анық емес айнымалылар арасындағы күрделі қатынастарды лингвистикалық сипаттау үшін қолданылады. Әдеттегідей, ереже IF операторындағы бірнеше алдыңғы және THEN операторындағы бір немесе бірнеше тізбектен тұрады. Осы салдардың «күшін» алдыңғы күшінен бөлу процесі ережелерді шығару деп аталады. Шықпа әдістерінің ең көп қолданылатыны - корреляциялық минимум, корреляциялық product және MIN-MAX (Heske and heske 1996). Қабылданған термдердің атауы ретінде: «umen», «0», «uvel» қабылданды.

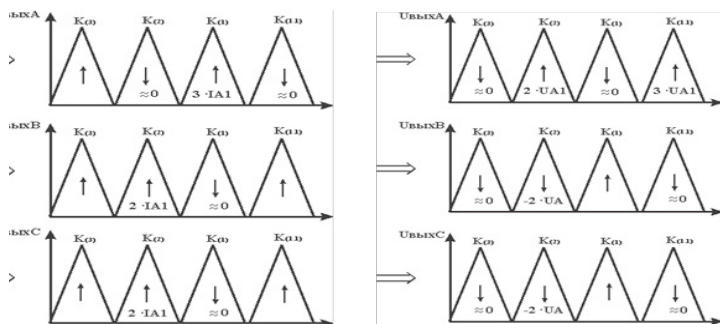
Ережелер тура, кері және нөлдік реттіліктегі токтар мен кернеулер үшін, сондай-ақ фазалық мәндер үшін бөлек құрылады.

Бұл әдісте функцияның алдыңғы мүшелігінің гистограммасы қолданылады және әр атрибут бірнеше анық емес жиындарға бөлінеді. Біз 6-суретте көрсетілгендей компьютерлік модельдеудегі әр атрибут үшін $f_h(\cdot)$ мүшелігінің 9 функциясын қолдандық, $h=1,2,\dots,9$. MatCad жүйесіндегі есептеу салыстырмалы бірліктер жүйесінде жүргізілгендіктен, X осі бойынша сандық интервалдар $[-1 \ 0 \ 1]$, Y осі бойынша – $[0 \ 1]$ қабылданды.



Сурет 6 – Тегістелген гистограмманы есептеу үшін анық емес бөлім

Кіріс параметрлерін енгізу нәтижесінде біз 7-суретте көрсетілген келесі деректерді алуымыз керек:



а)

б)

Сурет 7 – Қысқа тұйықталу түрлерін анықтауға арналған шығыс параметрлері: а) фазалық токтар, б) фазалық кернеулер

Анық емес логика элементтерін қолдана отырып, қысқа тұйықталу түрлерін анықтаудың ұсынылған логикасы желі элементтеріндегі

ақауларды анықтауға және тануға мүмкіндік береді. Қолданылатын РҚЖА құрылғыларымен салыстырғанда, бұл әдіс қорғаныс және автоматика құрылғыларының жылдамдығын арттыра алады деп айтуға болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Леоненков А.В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTACH.-СПб.:БХВ-Петербург, 2005.–736с.

2 **Андреев В.А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учебник для вузов-6-е изд., стер.-М.:Высшая шк., 2008.-639с.

3 **Булычев А.В.** Системы релейной защиты и автоматики. Направления развития обсуждали в городе на Нева//Новости ЭлектроТехники. 2011. № 3(69).

4 **Шалин А.И.** Микропроцессорные реле защиты: необходим анализ эффективности и надежности // Новости ЭлектроТехники. 2006. № 2(38).

5 Проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты [Электронный ресурс]. – <http://digital-relay-problems.tripod.com>.

6 **Федосов А., Пусенков Е.** Проблемы, возникающие при внедрении микропроцессорной техники в системах противоаварийной автоматики// Электрические станции. 2009. № 12.

7 **Chanda D, Kishore NK, Sinha AK.** Application of multi-resolution wavelet analysis for identification and classification of faults on transmission lines. Electr Power Syst Res 2005. – №73:323–333.

8 **Jamil M, Sharma SK, Singh R** (2015). Fault detection and classification in electrical power transmission system using artificial neural network. SpringerPlus. 2015.– №4(334):1–13.

9 **Nguyen T, Liao Y.** Classification of transmission line faults types based on new features and neuro-fuzzy system. Electric Power Compon Sist. 2010.– №38(6):695–709.

10 Shuma Adhikari, Nidul Sinha and Thingam Dorendrajit. Fuzzy logic based online fault detection and classification in transmission line. SpringerPlus (2016)5:1002 DOI 10.1186/s40064-016-2669 – 4.

REFERENCES

1 **Leonenkov A.V.** Nechetkoye modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTACH.-SPb.:BKHV–Peterburg, 2005. – 736s.

2 **Andreyev V.A.** Releyynaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniya. Uchebnik dlya vuzov-6-ye izd., ster.–M. :Vysshaya shk., 2008.-639 s.

3 **Bulychev A.V.** Sistemy releynoy zashchity i avtomatiki. Napravleniya razvitiya obsuzhdali v gorode na Neve//Novosti ElektroTehniki. 2011. № 3(69).

4 **Shalin A.I.** Mikroprotsessornyye rele zashchity: neobkhodim analiz effektivnosti i nadezhnosti // Novosti ElektroTehniki. 2006. № 2(38).

5 Problemy mikroprotsessornykh ustroystv releynoy zashchity [Elektronnyy resurs]. – <http://digital-relay-problems.tripod.com>.

6 **Fedosov A., Pusenkov Ye.** Problemy, voznikayushchiye pri vnedrenii mikroprotsessornoy tekhniki v sistemakh protivooavariynoy avtomatiki// Elektricheskkiye stantsii. 2009. № 12.

7 **Chanda D, Kishore NK, Sinha AK.** Primeneniye veyvlet–analiza s neskol’kimi razresheniyami dlya vyyavleniya i klassifikatsii neispravnostey na liniyakh elektroperedachi [Application of multi-resolution wavelet analysis for identification and classification of faults on transmission lines]/Elektricheskaya moshchnost’ sistemy Res [Electr Power Syst Res].– 2005. – №73:323–333.

8 **Jamil M, Sharma SK, Singh R** (2015). Obnaruzheniye i klassifikatsiya neispravnostey v sisteme peredachi elektroenergii s ispol’zovaniyem iskusstvennoy neyronnoy seti [Fault detection and classification in electrical power transmission system using artificial neural network]/ SpringerPlyus [SpringerPlus]. –2015.– №4(334):1–13.

9 **Nguyen T, Liao Y.** Klassifikatsiya tipov neispravnostey liniy elektroperedachi na osnove novykh priznakov i neyro-nechetkoy sistemy [Classification of transmission line faults types based on new features and neuro–fuzzy system]/ Elektroenergeticheskaya Sistema [Electric Power Compon Sist]. –2010.– №38(6):695–709.

10 **Shuma Adhikari, Nidul Sinha and Thingam Dorendrajit.** Nechetkaya logika, osnovannaya na obnaruzhenii i klassifikatsii neispravnostey linii v linii peredachi [Fuzzy logic based online fault detection and classification in transmission line]/SpringerPlyus [SpringerPlus].–2016.–№5:1002 DOI 10.1186/s40064–016-2669–4.

Материал баспаға 13.06.22 түсті.

*Г. Н. Ансабекова¹, Е. Ж. Сарсикеев²,

^{1,2}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина
Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 13.06.22.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИТЫ ВЛЭП ОТ ОДНОФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

В настоящей работе рассматривается возможность построения защит не по достижению критических значений, а по характеру изменения величин, которые свидетельствуют о состоянии

защищаемого объекта. В данном случае предлагается использовать элементы нечеткой логики (Fuzzy Logic) для идентификации состояния системы, в том числе вида ненормального режима работы. На основе изученных примеров использования нечеткой логики и нейронных сетей в разных отраслях, доказаны целесообразность и возможность применения элементов нечеткой логики в устройствах защиты и автоматики электроэнергетических сетей для идентификации однофазного короткого замыкания.

Ключевые слова: устройства защиты, устройства автоматики, реле, уставки, нечеткая логика, однофазное короткое замыкание, система Fuzzy Logic.

*G.N.Ansabekova¹, E. Zh. Sarsikeev²

^{1,2}S. Seifullin Kazakh Agro Technical University

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan

Material received on 13.06.22

APPLICATION OF FUZZY LOGIC FOR CONSTRUCTION OF PROTECTION OF OHL AGAINST SINGLE-PHASE SHORT CIRCUIT

In this paper, we consider the possibility of building protections not by reaching critical values, but by the nature of the change in values that indicate the state of the protected object. In this case, it is proposed to use elements of fuzzy logic (Fuzzy Logic) to identify the state of the system, including the type of abnormal operation. Based on the studied examples of the use of fuzzy logic and neural networks in different industries, the feasibility and possibility of using fuzzy logic elements in protection and automation devices of electric power networks to identify a single-phase short circuit have been proved.

Keywords: protection devices, automation devices, relays, settings, single-phase short circuit, fuzzy logic systems.

Теруге 13.06.2022 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2022 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

16,6 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.88. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3958

Сдано в набор 13.06.2022 г. Подписано в печать 30.06.2022 г.

Электронное издание

16,6 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.71. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3958

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz